

말초혈액 조혈모세포 채집 시기 결정인자로써 SE-9000™을 이용한 IMI의 유용성 평가

김문정 · 이승무 · 임종백 · 이건수 · 박규은 · 김현옥 · 송경순

연세대학교 의과대학 임상병리학과교실

Determining the Optimal Time for Peripheral Blood Stem Cell Harvest by Detecting Immature Cells using Hematology Analyzer, SE-9000™ IMI Channel

Mun Jeong Kim, M.D., Seong Moo Lee, M.D., Jong Baek Lim, M.D., Kun Soo Lee, M.D., Quehn Park, M.D., Hyun Ok Kim, M.D., and Kyung Soon Song, M.D.

Department of Clinical Pathology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background : A key to successful peripheral blood stem cell transplantation is to harvest a sufficient amount of hematopoietic stem cells. A method of quickly detecting hematopoietic stem cells in peripheral blood with simple procedures using the SE-9000™ IMI channel (TOA Medical Electronics Co., Ltd., Kobe, Japan) was developed. In this study, usefulness of determining the optimal time for peripheral blood stem cell harvest using IMI channel was investigated.

Methods : Seventy nine peripheral blood stem cell collections were performed from thirteen patients with hematologic malignancy and nineteen patients with solid organ malignancy. In 13 cases, G-CSF was administered following chemotherapy. In 19 cases only G-CSF was used to mobilize the peripheral blood stem cells. The counts of leukocytes, mononuclear cells, CD34 positive cells, and IMI in peripheral blood and leukapheresis products were determined.

Results : The CD34 positive cell count in harvested PBSC showed positive correlation with leukocyte cell, mononuclear cell, CD34 positive cell, and IMI in peripheral blood, with correlation coefficients of 0.48, 0.27, 0.63, 0.66, respectively. Positive correlation was presented between IMI and CD34 positive cell in peripheral blood and harvested PBSC, with a correlation coefficient, 0.83 and 0.74, respectively.

Conclusions : As the SE-9000™ enables determination of the number of PBSC easily and rapidly, within approximately 85 seconds, whereas CD34 assays is expensive and needs skilled operator, the measurement of IMI positive cells is clinically useful for monitoring the peripheral blood stem cell mobilization. (*Korean J Clin Pathol* 1999; 19: 252-7)

Key words : Peripheral blood stem cell (PBSC), CD34+cells, IMI

서 론

말초혈액 조혈모세포 채집시 충분한 양의 조혈모세포를 채집하

기 위해서는 채집 시기의 결정이 무엇보다도 중요하다. 채집 시기를 결정하는 예측인자로써 채집전 말초혈액의 백혈구 수, 단핵구 수 및 CD34+세포 수 측정 등이 주로 이용되고 있으며[1-3], 이중 말초혈액에서의 CD34+세포 수의 측정이 가장 보편적으로 이용되고 있다[4-6]. 그러나 CD34+세포의 측정은 고가의 유세포 분석기와 단클론항체 및 숙련된 인력을 필요로 하며 이의 측정에는 적어도 4시간 이상의 시간이 소요되므로 CD34+세포 수를 측정하여 결과를 확인한 후 말초혈액 조혈모세포 채집을 시작하는 경

접 수 : 1998년 9월 28일

접수번호 : KJCP1219

수정본접수 : 1998년 10월 28일

교신저자 : 김 현 옥

우 120-752 서울시 서대문구 신촌동 134

연세의료원 임상병리과

전화 : 02-361-5864, Fax : 02-313-0956

우 모든 과정의 지연을 초래한다.

최근 Sysmex사에서는 자동혈구분석기 SE-9000™ (TOA Medical Electronics Co., Ltd., Kobe, Japan)의 기종에 IMI (immature cell information) channel을 신설하여 미성숙백혈구를 감별계수하는 방법을 개발하였다[7]. 즉 미성숙백혈구 세포막의 지질함량과 화학조성의 차이를 이용하여 미성숙백혈구를 성숙백혈구와 구분하여 측정하는 원리로 이 기기를 보유한 기관이라면 부가적인 비용이 소요되지 않고 단 1분 정도의 매우 짧은 시간에 미성숙세포수를 측정할 수 있다.

이에 저자들은 말초혈액 조혈모세포 채집시 환자의 말초혈액에서의 IMI 값 측정이 채집 시기를 결정하는 예측인자로서 그 유용성이 있는지를 평가해보고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대상

1997년 6월부터 1998년 5월까지 말초혈액 조혈모세포 채집을 위해 연세의료원에 내원한 32명의 환자를 대상으로 하였으며 환자의 특성 및 진단명은 Table 1과 같다.

2. 가동화

모든 환자에 있어서 항암화학요법으로 완전관해를 유도하였으며, 관해 유도 후 과립구-집락 촉진인자(granulocyte colony stimulating factor: G-CSF; Lucky Biotech, Korea) 5-10 µg/kg를 매일 정맥주사하여 가동화하였다(Table 1).

Table 1. Clinical characteristics of 32 patients undergoing 79 PBSC harvests

Age (yrs, range)	25 (4 - 58)
Sex (male : female)	15 : 17
Body weight (kg, range)	54 (15 - 83)
Diagnosis	
Acute lymphoblastic leukemia	1
Acute myeloblastic leukemia	6
Chronic myelogenous leukemia	1
Myelodysplastic syndrome	1
Non-Hodgkin's lymphoma	3
Multiple myeloma	1
Neuroblastoma	9
Breast cancer	9
Renal cell cancer	1
Preapheresis count (median, range)	
WBC (/µL)	19,960 (2,700 - 62,800)
MNC (/µL)	2,173 (558 - 9,720)
IMI cell (/µL)	1,296 (69 - 13,916)
CD34+ cell (/µL)	19 (0 - 845)

3. 방법

가동화 시작 후 혈액종양환자와 골수에 전이가 있는 고형종양 환자는 말초혈액에서 백혈구 수가 $3-5 \times 10^9/L$ 인 날부터, 골수에 전이가 없는 고형종양환자는 G-CSF 투여 4-6일째 되는 날부터 채집을 시작하였다. 혈액분반기는 CS-3000 plus (Baxter Healthcare Co., Deerfield, IL, USA)나 COBE Spectra (COBE BCT Inc., Lakewood, CO, USA)를 이용하였고, 모든 예에서 총혈액량의 3배 이상을 처리하는 대용량 백혈구 분반술을 시행하였다.

말초혈액에서 백혈구 수를 측정하였으며 조혈모세포 채집액에서 백혈구 수, 단핵구 수, IMI 수, CD34+세포 수를 측정하였다. 말초혈액의 백혈구 수, 단핵구 수, IMI 수는 자동혈구분석기 SE-9000™을 이용하였고 조혈모세포 채집액의 단핵구 수는 도말 슬라이드로 검경하여 계수하였다.

유세포분석기를 이용한 CD34+세포 수의 측정은 전혈(말초혈액이나 조혈모세포 채집액) 50 µL에 적혈구 용해액(FACS lysing solution) 2 mL을 첨가한 후, 실온에서 10분간 반응시켜 적혈구를 용해시키고 1,500 rpm에서 5분간 원심하고, PBS 2 mL로 세척한 후 다시 1,200 rpm에서 5분간 원심하였다. 백혈구 수를 PBS를 이용하여 20,000/µL로 조성한 후, 100 µL의 세포부유액에 10 µL의 PE-conjugated anti-CD34 (Becton Dickinson, CA, USA), FITC-conjugated anti-CD45 (Becton Dickinson, CA, USA), IgG1 PE-conjugated isotype (Becton Dickinson, CA, USA)를 첨가한 다음 4°C에서 30분간 반응시켰다. PBS로 3회 세척한 후 유세포분석기 FACScan (Becton Dickinson, CA, USA)와 Lysis II 프로그램을 이용하여 분석하였다.

4. 통계

말초혈액에서의 백혈구 수, 단핵구 수, IMI, CD34+세포 수와 조혈모세포 채집액의 CD34+세포 수의 상관성을 알아보기 위하여 Pearson p값을 구하였으며 각각의 측정 항목과의 상관성을 알아보기 위하여 Spearman's test를 이용하였다.

결 과

채집 직전 말초혈액 내의 백혈구 수 및 단핵구 수와 채집된 조혈모세포 부유액내의 CD34+세포 수와의 r값은 각각 0.48 ($P < 0.01$)와 0.27 ($P = 0.08$)로 채집 직전 말초혈액내의 단핵구 수와 채집된 조혈모세포 부유액내의 CD34+세포 수와의 사이에 통계적으로 유의한 관계는 관찰되지 않았다(Fig. 1). 그러나 채집 직전 말초혈액에서의 IMI 수 및 CD34+세포 수는 조혈모세포 부유액내의 CD34+세포 수와의 사이에서 r값이 각각 0.74 ($P < 0.01$)와 0.63 ($P < 0.01$)로서 통계적으로 유의한 관계가 관찰되었다(Fig. 1).

채집전 말초혈액과 채집된 조혈모세포 부유액에서의 IMI 수와 CD34+세포 수와의 상관계수는 각각 0.83 ($P < 0.01$), 0.74 ($P < 0.01$)로 상관관계가 우수하였다. 채집전 말초혈액의 IMI 수와 채집된 조혈모세포 부유액의 CD34+세포 수와의 상관성을 자세히 보기 위해 말초혈액의 IMI 수를 기준으로 채집된 조혈모세포 부유액의 CD34+세포 수를 비교하였는데 μL 당 1,000, 3,000, 10,000개 전후에서 통계학적으로 유의한 차이가 관찰되었다(Fig. 2). 말초혈액의 IMI 수가 μL 당 1,000개 이하, 1,000 - 3,000개, 3,000 - 10,000개, 10,000개 이상인 군으로 나누었을 때, 1회의 말초혈액 조혈모

세포 채집으로 채집된 CD34+세포 수의 중앙치는 말초혈액의 IMI 수가 μL 당 1,000개 이하인 군, 1,000 - 3,000개 사이인 군, 3,000 - 10,000개 사이인 군, 10,000개 이상인 군에서 각각 0.7, 2.4, 3.9, $6.6 \times 10^6/\text{kg}$ 이었다(Table 2). 말초혈액의 IMI 수가 μL 당 1,000개 이하인 군에서는 94%에서 1회의 백혈구 분반술로 목표량(2×10^6 CD34+세포/kg)을 채집하지 못하였고, 1,000 - 3,000개 사이인 군에서는 53%에서 3,000 - 10,000개 사이인 군에서는 29%에서 채집에 실패하였다. 반면 10,000개 이상인 군에서는 100%에서 목표량 이상 채집이 가능하였다(Fig. 3).

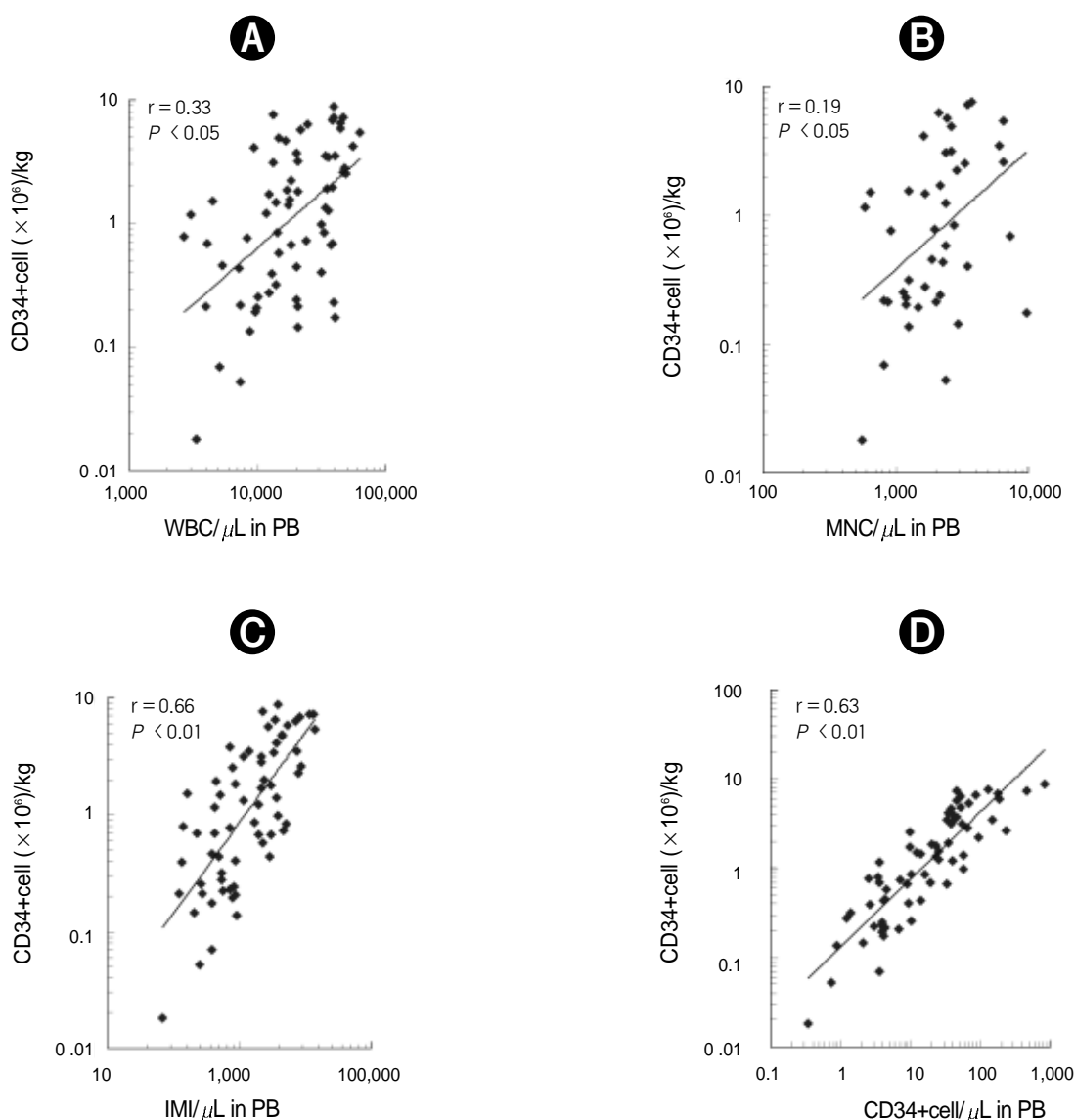


Fig. 1. Regression analysis of the blood cell counts and the CD34+ cell yield. A, white blood cell in the peripheral blood vs. CD34+ cell yield. B, mononuclear cell in the peripheral blood vs. CD34+ cell yield. C, IMI cell in the peripheral blood vs. CD34+ cell yield. D, CD34+ cell in the peripheral blood vs. CD34+ cell yield.

Table 2. Distribution of progenitor cell yields corresponding to a given level of circulating IMI cell counts

Circulating IMI cell ($\times 10^3/\text{mL}$)	No. of leukapheresis performed	No. of leukapheresis collected above $2.0 \times 10^6 \text{ CD34+cell/kg}$ (%)	Median of CD34+ cell yield by a single leukapheresis ($\times 10^6/\text{kg}$, range)
< 1,000	31	2 (6.5)	0.7 (0.0 - 3.7)
1,000 - 3,000	15	7 (47.7)	2.4 (0.4 - 7.6)
3,000 - 10,000	17	12 (70.6)	3.9 (0.7 - 8.7)
> 10,000	3	3 (100.0)	6.6 (5.4 - 7.3)

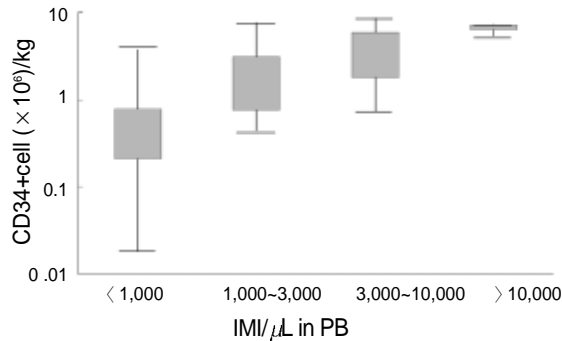


Fig. 2. The relationship between the absolute number of IMI cells in the peripheral blood (μL) and the amount of CD34+ cells collected (expressed per kg body weight of the patient) per leukapheresis. Numbers of circulating IMI cells are divided into four discrete categories: <1,000, 1,000 - 3,000, 3,000 - 10,000 and >10,000 per μL . The upper and the lower edges of each box indicate the 75th percentile and 25th percentile. Bars above and below each box indicate the maximum and the minimum values of each datum.

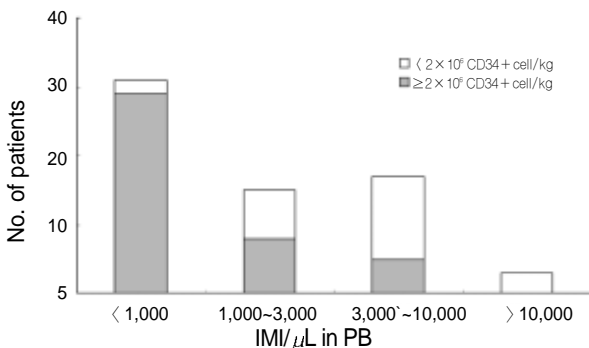


Fig. 3. Relationship between peripheral blood IMI count and number of leukapheresis that collect to target yield of 2×10^6 CD34+ cells/kg.

항암화학요법이나 G-CSF로 조혈모세포를 가동화한 후의 말초혈액에서의 IMI 수의 변화를 보면, 혈액종양환자에서의 말초혈액 조혈모세포 채집 가능시기는 G-CSF 투여 후 3일째에서 15일째까지로 다양하였는데 6일째와 11일째가 전체 13예 중 각각 5예와 3예로 가장 많았다(Fig. 4). 고형종양환자 중 골수의 기능이 정상인 유방암 환자에 있어서는 전체 9명 중 7명이 G-CSF 투여 후 5일째에 말초혈액 조혈모세포

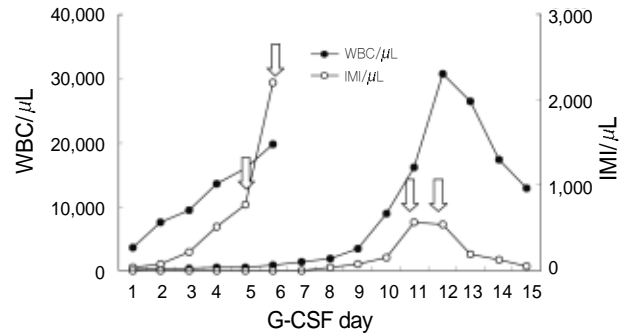


Fig. 4. Serial changes in the WBC and IMI count during the bone marrow recovery period following chemotherapy and G-CSF mobilization in patients with hematologic malignancy. Arrows represent the days of PBSC collection.

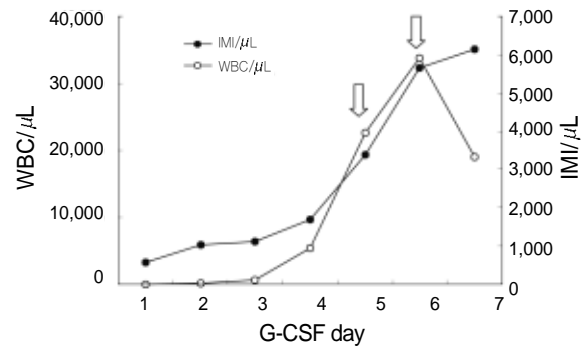


Fig. 5. Serial changes in the WBC and IMI count during the bone marrow recovery period following chemotherapy and G-CSF mobilization in patients with breast cancer. Arrows represent the days of PBSC collection.

채집을 시작할수 있었다(Fig. 5).

고 찰

말초혈액 조혈모세포 채집 시기의 결정에는 말초혈액의 백혈구 수, 단핵구 수, CD34+세포 수 등이 이용되고 있다[8, 9]. 이 중 CD34+세포 수의 측정이 가장 정확하게 조혈모세포를 측정하는 방법으로 알려져 있으나, CD34+세포의 측정은 고가의 장비와 시

약, 숙련된 인력이 필요하며, 결과를 알기까지에는 최소한 4시간 이상의 시간이 소요된다. 또한 CD34+세포의 측정은 아주 작은 수의 세포를 측정하는 것이기 때문에 검사실간의 변이계수가 높게 보고되고 있다[10-12].

최근 Sysmex사에서는 자동혈구분석기 SE-9000™의 IMI channel을 이용하여 미성숙 백혈구를 감별계수하는 방법을 개발하였다. 원리는 정상 다형핵백혈구와 림프구는 전체 질량의 5%가 지방으로 구성되어 있으며, 이 중 35%는 인지질이며, 10%는 콜레스테롤인 반면[13, 14], 미성숙세포는 콜레스테롤과 sphingomyelin의 함량이 낮고, phosphatidylcholin의 함량은 높아, IMI channel은 이런 세포막의 지방 함량과 화학조성의 차이를 이용한 것이다. 즉, IMI channel에 사용되는 세포용해액(STROMA-TOLYSER-IM)은 말초혈액내의 적혈구와 성숙백혈구의 세포막을 손상시키는 대신 지방 함량이 낮은 미성숙백혈구는 이 세포용해액내에 포함된 비이온성 표면활성물질(polyoxyethlen)과 surfur가 함유된 아미노산이 세포질에 용해되기 전에 세포막을 통과하여 세포막을 고정시킴으로써 용해되지 않고 남아서 IMI channel에서 계수되도록 고안되었다[15].

본 연구에서는 채집된 환자의 말초혈액내의 백혈구 수와 IMI 수, CD34+세포 수는 채집된 조혈모세포 부유액의 CD34+세포 수와의 회귀분석상 p값이 모두 0.01 이하로 통계적으로 유의한 상관관계가 관찰되었으나, 말초혈액의 단핵구 수는 통계적으로 유의한 상관관계가 관찰되지 않았다. 이는 앞서의 보고와 유사하였으며[16], 특히 말초혈액의 IMI 수 및 CD34+세포 수와 채집된 조혈모세포 부유액의 CD34+세포 수와의 회귀분석 결과는 r값이 각각 0.66, 0.63으로 비교적 정확하게 채집된 조혈모세포 부유액의 CD34+세포 수를 예측할 수 있었다. 또한 말초혈액에서의 IMI 수와 CD34+세포 수와의 상관계수는 0.83이었고, 채집된 조혈모세포 부유액의 IMI 수와 CD34+세포 수와의 상관계수는 0.74로 Moug이 등이 보고한 0.78, 0.78과 유사한 결과를 보였다[17].

IMI값으로 채집 시기를 결정하는 경우 Saigo 등은 말초혈액의 IMI 수가 200개/ μ L 이상일 때 17회의 말초혈액 조혈모세포 채집시 15회에서 채집된 조혈모세포 부유액의 CD34+세포가 2×10^7 개 이상이었으며, IMI가 μ L당 200개 이하인 경우는 4회 중 1회에서만 목표채집량에 도달하였다고 하였는데[18], 본 연구에서는 말초혈액내에서 IMI 수가 1,000개/ μ L 이상인 경우에는 적어도 50% 이상에서 1회의 백혈구 분반술로 목표량을 채집할 수 있었기 때문에 μ L당 1,000개의 IMI 수를 채집 결정에 이용하면 좋을 것으로 생각되었다. 채집된 조혈모세포 부유액의 CD34+세포가 2×10^6 /kg 이상을 채집하기 위해서는 말초혈액의 IMI 수가 μ L당 3,000개 이상이어야 70%에서 가능하였는데 이는 Saigo 등이 보고한 μ L당 200개에 비해 높은 수치였지만, Saigo 등은 목표 채집량을 2×10^7 개의 CD34+세포로 하였으나, 본 연구에서는 체중당 2×10^6 개의 CD34+세포의 채집을 목표로 하였기 때문이다.

가동화 후의 말초혈액에서의 IMI 수의 변화 양상은, 골수의 기

능이 정상인 고형종양환자에서는 과립구-집락촉진인자 투여 후 5일내지 6일경의 일정한 시기에 가동화가 관찰되었고 골수전이가 있는 고형종양환자나 혈액종양환자에서는 약 6일과 11일에서 가동화되는 경우가 가장 많았으며 이는 앞서의 보고와 유사하였다[19]. 골수의 기능이 정상인 고형종양환자에서는 시간이 지날수록 백혈구 수는 증가하였으나, 7일 이후에는 IMI 수는 감소하는 경향이 관찰되었다. 이는 말초혈액으로 가동화된 조혈모세포의 소실에 의한 것으로 생각되었으며, 이는 말초혈액 조혈모세포 채집액의 CD34+세포 수에도 반영되어 IMI가 감소하는 것에 비례하여 채집액내의 CD34+세포 수도 감소하였다.

골수에 전이된 고형종양환자나 혈액종양환자에 있어서는 채집 가능 시기가 가동화 후 3일에서 15일로 변이가 크게 관찰되어 정확한 채집시기의 결정이 더욱 요구되었다. 그러므로 고형종양환자에서는 가동화 후 일정한 시간이 경과한 후에 말초혈액 조혈모세포의 채집을 시작하고, 골수전이가 있는 고형종양환자나 혈액종양환자는 말초혈액에서의 백혈구 수, 단핵구 수, IMI 수, CD34+세포 수의 변이를 관찰하면서 정확한 채집 시기를 결정하는 것이 최소의 백혈구 분반술로 최대의 조혈모세포를 채집하는데 도움이 되리라 생각되었다.

그러나 IMI값을 해석할 때에는 미성숙 백혈구와 성숙 백혈구의 세포막의 지방 함량과 화학적 조성의 차이를 이용하여 측정하기 때문에 순수한 조혈모세포 이외의 미성숙 백혈구도 동시에 계수되어 약간 높게 측정될 수 있는데 있다[20]. 또한 Takekawa 등의 보고에 의하면 냉동된 조혈모세포를 해동시킨 후에 측정된 결과에서는 IMI 수와 CD34+세포 수와의 상관계수가 0.62로 낮았는데 이는 세포의 냉동과 해동시 CD34 항원에 비해 상대적으로 세포막의 손상이 더 심하기 때문으로 생각되었다[21].

IMI의 측정은 일반적으로 혈구 측정과 같이 1분 정도의 매우 짧은 시간에 미성숙세포를 계수할 수 있으며, 일반혈액검사시 자동으로 측정되기 때문에 부가의 비용이 소요되지 않는다. 따라서 IMI 검사는 현재 조혈모세포의 대표적인 측정법으로 알려져 있는 유세포분석기를 이용한 CD34+세포 검사에 비해 경제적이며, 신속하고, 정확한 조혈모세포의 보조적인 측정 방법으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

배경 : 말초혈액 조혈모세포 채집시 조혈모세포 채집 시기의 결정은 충분한 양의 조혈모세포 채집하기 위하여 매우 중요하다. 최근 Sysmex사에서는 미성숙세포만을 선택적으로 보호하는 용해액(lysis solution)을 이용하여 말초혈액에서의 미성숙세포를 측정하는 방법(IMI channel)을 개발하였다. 이 방법은 추가적인 시약이나 시간이 소요되지 않으며, 자동혈구분석기 SE-9000™(Sysmex)으로 일반혈액검사시 자동적으로 측정된다. 이에 본 연구에서는 말초혈액 조혈모세포 채집시 SE-9000™을 이용한 IMI를 측

정하여 채집전 CD34+세포 수와 채집시기의 예측인자로서의 유용성을 평가하고자 하였다.

방법 : 말초혈액 조혈모세포 채집을 위해 연세의료원에 내원한 32명의 환자를 대상으로 13명의 혈액종양환자는 항암화학요법과 G-CSF를 이용하여, 19명의 고형종양환자는 G-CSF를 이용하여 말초혈액 조혈모세포를 가동화한 후 채집전 말초혈액의 백혈구 수, CD34+세포 수, IMI 수와 채집액의 CD34+세포 수와의 상관관계를 비교하였다.

결과 : 채집액내의 CD34+세포 수와 채집전 말초혈액에서의 백혈구 수, 단핵구 수, IMI 수, CD34+세포 수와의 상관관계는 각각 0.48, 0.27, 0.66, 0.63이었다. 채집전 말초혈액에서의 CD34+세포와 IMI와의 상관관계는 0.83, 채집된 조혈모세포 부유액에서의 CD34+세포와 IMI와의 상관관계는 0.74였다.

결론 : 말초혈액 조혈모세포의 채집시 채집전 말초혈액에서의 IMI의 측정은 채집전 조혈모세포 부유액내에서의 CD34+세포와 우수한 상관관계를 보여주었으며 고가의 장비와 숙련된 인력이 필요한 CD34+세포 측정에 비해 매우 경제적이며, 신속하고, 비교적 정확하게 조혈모세포를 예측할 수 있어 CD34+세포 측정의 보조적 수단으로만 아니라 유세포 분석기를 보유하지 않은 기관에서 유용한 방법으로 이용할 수 있을 것으로 생각되었다.

참고문헌

- Bensinger W, Appelbaum F, Rowley S, Storb R, Sanders J, Lilleby K, et al. Factors that influence collection and engraftment of autologous peripheral blood stem cells. *J Clin Oncol* 1995; 13: 2547-55.
- Haas R, Mohle R, Fruhauf S, Goldschmidt H, Witt B, Flentje M, et al. Patient characteristics associated with successful mobilizing and autografting of peripheral blood progenitor cells in malignant lymphoma. *Blood* 1994; 83: 3787-94.
- Kasparu H, Krieger O, Girschikofsky M, Kolb A, Bettelheim P, Lutz D. Factors influencing the timing of peripheral blood stem cell collection (PBSC). *Transfus Sci* 1997; 17: 595-600.
- Mohle R, Murea S, Pforsich M, Witt B, Haas R. Estimation of the progenitor cell yield in a leukapheresis product by previous measurement of CD34+ cells in the peripheral blood. *Vox Sang* 1996; 71: 90-6.
- Remes K, Matinlauri I, Grenman S, Itala M, Kauppila M, Pelliniemi TT, et al. Daily measurements of blood CD34+ cells after stem cell mobilization predict stem cell yield and posttransplant hematopoietic recovery. *J Hematother* 1997; 6: 13-9.
- Schots R, Riet IV, Damiaens S, Flament J, Lacor P, Staelens Y, et al. The absolute number of circulating CD34+ cells predicts the number of hematopoietic stem cells that can be collected by apheresis. *Bone Marrow Transplant* 1996; 17: 509-15.
- Yamane T, Takekawa K, Tatsumi N. Possibility of identification of hematopoietic stem cells using a conventional blood cell counter. *Eur J Hematol* 1995; 55: 207-8.
- Demirer T, Buckner CD, Bensinger WI. Optimization of peripheral blood stem cell mobilization. *Stem Cells* 1996; 14: 106-16.
- Keung YK, Cobos E, Dunn D, Park M, Dixon S, Wu K, et al. Determining factors for the outcome of peripheral blood progenitor cells harvests. *J Clin Apheresis* 1996; 11: 23-6.
- 김문정, 박규은, 김현옥, 김현숙, 송경순. Interlaboratory CD34 assay survey 결과 보고. 대한임상병리학회지 1998; 18: 265-70.
- Brecher ME, Sims L, Schmitz J, Shea T, Bentley SA. North American multicenter study on flow cytometric enumeration of CD34+ hematopoietic stem cell. *J Hematother* 1996; 5: 227-36.
- Johnsen HE and Knudsen LM. Nordic flow cytometry standards for CD34+ cell enumeration in blood and leukapheresis products: report from the second Nordic workshop. *J Hematother* 1996; 5: 237-45.
- Eugene LG. Lipids of human leukocytes: relation to cell type. *J Lipid Res* 1967; 8: 321-7.
- Eugene LG. Lipid pattern of leukocytes in health and disease. *Semin Hematol* 1972; 9: 241-50.
- Ishii T, Kawasumi I, Matsumoto H. SE-9000TM IMI channel-focusing on the roles and functions of surfactant. *Sysmex J Intern* 1997; 7: 123-8.
- 김문정, 박규은, 임현숙, 김현옥, 민유홍, 유철주 등. 말초혈액 조혈모세포 채집시기 예측인자로서 채집전 말초혈액의 백혈구수, 단핵구수 및 CD34+ 세포수의 유용성 평가. 대한수혈학회지. 1998; 9: 10-21.
- Mougi H, Shinmyozu K, Osame M. Determining the optimal time for peripheral blood stem cell harvest by detecting immature cells (immature leukocytes and immature reticulocytes) using two newly developed automatic cell analyzers. *Int J Hematol* 1997; 66: 303-13.
- Saigo K, Narita H, Sugimoto T, Sasano S, Nakayama T, Ryo R, et al. Optimum timing of peripheral blood stem cell harvest using SE-9000TM IMI channel-in the cases of patients with breast cancer. *Sysmex J Int* 1997; 7: 71-81.
- Yamane T, Takekawa K, Ota K, Sakai N, Aoyama Y, Sakamoto C, et al. Determination of hematopoietic stem cells in peripheral blood by automated hematology analyzer, SE-9000TM. *Sysmex J Int* 1997; 7: 57-62.
- Mougi H, Shinmyozu K, Kuroki T, Furuzono C, Maeda F, Tabata H, et al. Determination of peripheral blood stem cells using automated hematology analyzer, SE-9000TM IMI channel. *Sysmex J Int* 1997; 7: 63-70.
- Takekawa K, Yamane T, Suzuki K, Hino M, Tatsumi N. Identification of hematopoietic stem cells by the SE-9000TM automated hematology analyzer in peripheral blood stem cell harvest samples. *Acta Haematol* 1997; 98: 54-5.